с тем, что

SUAI

ГУАП
Кафедра № 3.

Отчет

Защищен с оценкой хор

Преподаватель

доцент, к. ф-м. н, доцент		Ю.М. Царёв
должность, уч. степень, звание	подпись, дата	инициалы, фамилия

Отчет о лабораторной работе № 2 „Машина Атвуда"

по курсу: общая физика

Работу выполнила

Студентка

Санкт-Петербург
2018

Лабораторная работа №2.
„Машина Атвуда"
Протокол измерений

Студент группы

Преподаватель

Царев Ю. М.

Параметры приборов

Название прибора	Предел измерений	Цена деления	Класс точности	Систематич. погрешность
Секундомер	99,999 с	1 мс	—	0,001 с
Линейка	50 см	0,1 см	—	2 мм

S_1 = 13 см

Таблица 1.

N	1			2			3			4			5		
S_2, см	21			22			23			24			25		
t_2, с	0,637	0,621	0,625	0,666	0,650	0,662	0,653	0,657	0,661	0,728	0,709	0,726	0,730	0,827	0,808

S_2 = 18 см

Таблица 2.

N	1			2			3			4			5		
S_1, см	19			18			17			16			15		
t_2, с	0,427	0,428	0,421	0,434	0,431	0,437	0,446	0,454	0,449	0,462	0,466	0,461	0,463	0,479	0,465

Дата

Подпись студента

Подпись преподавателя

t_2 - время равномерного движения.

Формула скорости: $v = \frac{S_2}{t_1}$ (2),

где v - скорость равномерного движения грузов на участке пути; Ѕ½, t_2 - время равномерного пути, S_2 - путь равномерного движения.

$$v_{ср.} = \frac{\sum_{i=1}^{n} v_i}{N} \quad (3)$$

, где $v_{ср}$ - среднее значение скорости, N - число измерений.

$$a_{ср.} = \frac{\sum_{i=1}^{n} a_i}{N} \quad (4)$$

, где Aср - среднее значени скорости, N - число измерений

4. Результаты измерений

S_1 = 13 см

Таблица 4.1 „Равномерное движение"

N	1			2			3			4			5		
S_2, см	21			22			23			24			25		
t_2, с	0,634	0,621	0,625	0,666	0,650	0,662	0,683	0,682	0,681	0,728	0,709	0,725	0,730	0,827	0,808
v, м/с	0,331	0,338	0,336	0,330	0,352	0,332	0,337	0,338	0,330	0,330	0,338	0,331	0,334	0,302	0,309
a, м/с	0,267	0,273	0,271	0,280	0,286	0,281	0,298	0,298	0,299	0,304	0,312	0,305	0,329	0,290	0,297

?

S_2 = 18 см

Таблица 4.2 . Гавноускоренное движение

N	1			2			3			4			5		
S_1, см	19			18			17			16			15		
t_2, см	0,427	0,428	0,421	0,434	0,431	0,432	0,446	0,454	0,449	0,462	0,466	0,461	0,483	0,479	0,485
v, м/с	0,445	0,444	0,451	0,415	0,427	0,417	0,381	0,374	0,379	0,346	0,343	0,347	0,310	0,313	0,309
a, м/с	0,235	0,234	0,238	0,207	0,209	0,188	0,180	0,177	0,179	0,154	0,152	0,154	0,129	0,130	0,129

Таблица 4.2

Θ_v м/с	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,003	0,004	0,003	0,003	0,003	0,003
Θ_a м/с	0,016	0,017	0,017	0,016	0,016	0,016	0,016	0,019	0,016	0,014	0,015	0,015	0,016	0,017	0,013

$\Theta_{v_{15}}$ 5. Примеры вычислений: 0,001) = 0,003 (м/с)

По формуле (2) скорость при равномерном

Θ_a движении: $v = \frac{0,21}{0,634} = 0,331$ (м/с)

По формуле (1) ускорение при равномерном

= движении: $a = \frac{0,21^2}{2 \cdot 0,13 \cdot 0,634} = 0,268$ (м/с²)

Θ По формуле (2) скорость при равн... движении

$v = \frac{0,19}{0,427} = 0,445$ (м/с)

По формуле (1) ускорение при равна...

движении: $a = \frac{0,19^2}{2 \cdot 0,427 \cdot 0,18} = 0,235$ (м/с²)

6. Вычисление погрешностей.

6.1 Вывод формул систематической погрешности

$$\Theta_f = \left|\frac{\partial f}{\partial x_1}\right| \cdot \Theta_{x_1} + \left|\frac{\partial f}{\partial x_2}\right| \cdot \Theta_{x_2} + \left|\frac{\partial f}{\partial x_3}\right| \cdot \Theta_{x_3}$$

$$\Theta_f = |f'_{x_1}| \cdot \Theta_{x_1} + |f'_{x_2}| \cdot \Theta_{x_2} + |f'_{x_3}| \cdot \Theta_3$$

$$\Theta_v = v\left(\frac{\Theta_{S_2}}{S_2} + \frac{\Theta_t}{t}\right);$$

$$\Theta_a = a\left(\frac{\Theta_{S_1}}{S_1} + \frac{2\Theta_{S_2}}{S_2} + \frac{2\Theta_t}{t}\right),$$

где $\frac{\partial f}{\partial x_i}$ – частные производные ф-ции $f(x_1; x_2; x_3)$ по соответствующей переменной x_i, $\Theta_{x_1}, \Theta_{x_2}, \Theta_{x_3}$ – систематические погрешности прямых измерений; f'_{x_i} – частная производная функции $f(x_1; x_2; x_3)$ по соответствующей переменной x_i; Θ_f – систематическая погрешность косвенного измерения;

Вычисление погрешностей по выведенным ф-ам:

$$\Theta_{v_1} = v_1\left(\frac{\Theta_{S_2}}{S_2} + \frac{\Theta_t}{t_1}\right) = 0,331 \cdot \left(\frac{0,002}{0,21} + \frac{0,001}{0,634}\right) = 0,0038 =$$

$= 0,004$ (м/с)

змерений из-за

$$\Theta_{v_{15}} = v_{15}\left(\frac{\Theta_{s_2}}{S_2} + \frac{\Theta_t}{t_{15}}\right) = 0{,}308\left(\frac{0{,}002}{0{,}25} + \frac{0{,}001}{0{,}808}\right) = 0{,}003 \text{ (м/с)}$$

$$\Theta_{a_1} = a_1\left(\frac{\Theta_{s_1}}{S_1} + \frac{2\Theta_{s_2}}{S_2} + \frac{2\Theta_t}{t}\right) =$$

$$= 0{,}267\cdot\left(\frac{0{,}02}{0{,}13} + 2\frac{0{,}002}{0{,}21} + \frac{2\cdot 0{,}001}{0{,}634}\right) = 0{,}0160 \text{ (м/с}^2)$$

$$\Theta_{a_{15}} = a_{15}\cdot\left(\frac{\Theta_{s_1}}{S_1} + \frac{2\Theta_{s_2}}{S_2} + \frac{2\Theta_t}{t}\right) =$$

$$= 0{,}297\left(\frac{0{,}02}{0{,}13} + \frac{2\cdot 0{,}002}{0{,}25} + \frac{2\cdot 0{,}001}{0{,}827}\right) = 0{,}012$$

Данные вычисления были найдены для равномерного движение, где $\Theta_{s_1}, \Theta_{s_2}, \Theta_t$ даны в условии и равны:

$\Theta_{s_1} = \Theta_{s_2} = 0{,}002$ м

$\Theta_t = 0{,}001$ с

$$\Theta_{v_1} = v_1\left(\frac{\Theta_{s_2}}{S_2} + \frac{\Theta_t}{t_1}\right) = 0{,}445\cdot\left(\frac{0{,}002}{0{,}19} + \frac{0{,}001}{0{,}427}\right) =$$

$$= 0{,}0057 = 0{,}006 \text{ (м/с)}$$

$$\Theta_{v_{15}} = \overset{0{,}309}{v_{15}}\left(\frac{0{,}002}{0{,}15} + \frac{0{,}001}{0{,}485}\right) = 0{,}0047 = 0{,}005 \text{ (м/с)}$$

$$\Theta_{a_1} = 0{,}235\left(\frac{0{,}002}{0{,}18} + \frac{2\cdot 0{,}002}{0{,}19} + \frac{2\cdot 0{,}001}{0{,}427}\right) =$$

$$= 0{,}02026543 \approx 0{,}020 \text{ (м/с}^2)$$

$$\Theta_{a_{15}} = 0{,}129\left(\frac{0{,}002}{0{,}18} + \frac{2\cdot 0{,}002}{0{,}15} + \frac{2\cdot 0{,}001}{0{,}485}\right) =$$

$$= 0{,}01112873 \approx 0{,}011 \text{ (м/с}^2)$$

Данные вычисления были найдены для равномерного движения, где $\Theta_{s_1} = \Theta_{s_2} = 0{,}002$ (м); $\Theta_t = 0{,}001$ (с)

$(0{,}338-0{,}331)^2 + (0{,}336-0{,}331)^2 + (0{,}330-0{,}331)^2$

6.2 Для вычисления квадратной погрешности и для среднего квадратного отклонения понадобятся значения $v_{ср}$ и $a_{ср}$ (средние значения скорости и ускорения).

По формуле (3), (4) найдем средние значения для равномерного движения:

$$v_{ср.} = \frac{0{,}331 + 0{,}338 + 0{,}336 + 0{,}330 + 0{,}352 + 0{,}332 + 0{,}337}{15} +$$

$$+ \frac{0{,}338 + 0{,}331 + 0{,}324 + 0{,}302 + 0{,}309}{15} = 0{,}334 \ (м/с)$$

$$a_{ср.} = \frac{0{,}267 + 0{,}273 + 0{,}271 + 0{,}280 + 0{,}286 + 0{,}298 + 0{,}99}{15} +$$

$$+ \frac{0{,}329 + 0{,}290 + 0{,}297 + 0{,}312 + 0{,}305}{15} = 0{,}430 \ (м/с^2)$$

По формуле (3), (4) найдем средние значения для равноускоренного движения

$$v_{ср.} = \frac{0{,}445 + 0{,}444 + 0{,}451 + 0{,}415 + 0{,}427 + 0{,}417 + 0{,}381}{15} +$$

$$+ \frac{0{,}374 + 0{,}379 + 0{,}346 + 0{,}343 + 0{,}347 + 0{,}310 + 0{,}313 + 0{,}309}{15} =$$

$$= 0{,}380 \ (м/с)$$

$$a_{ср} = \frac{0{,}235 + 0{,}234 + 0{,}238 + 0{,}207 + 0{,}209 + 0{,}208 + 0{,}18 + 0{,}177}{15} +$$

$$+ \frac{0{,}179 + 0{,}154 + 0{,}152 + 0{,}154 + 0{,}129 + 0{,}130 + 0{,}129}{15} =$$

$$= 0{,}181 \ (м/с^2)$$

6.3 Средняя квадратичная погрешность отдельного измерения.

$$S_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (v_i - v_{ср})^2}{N-1}}, \qquad S_a = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (a_i - a_{ср})^2}{N-1}},$$

Скорость груза

$$S_v = \sqrt{\frac{(0,331-0,331)^2+(0,338-0,331)^2+(0,336-0,331)^2+(0,330-0,331)^2}{14} + \frac{(0,352-0,331)^2+(0,332-0,331)^2+(0,337-0,331)^2+(0,337-0,331)^2}{14} + \frac{(0,338-0,331)^2+(0,330-0,331)^2+(0,338-0,331)^2+(0,331-0,331)^2+(0,324+0,331)^2}{14} + \frac{(0,302-0,331)^2+(0,309-0,331)^2}{14}} = \sqrt{\frac{0,006418}{14}} = 0,015 \text{ (м/с)}$$

Ускорение груза

$$S_a = \sqrt{\frac{(0,267-0,231)^2+(0,273-0,231)^2+(0,271-0,231)^2+(0,280-0,231)^2}{14} + \frac{(0,286-0,231)^2+(0,281-0,231)^2+(0,298-0,231)^2+(0,298-0,231)^2}{14} + \frac{(0,299-0,231)^2+(0,304-0,231)^2+(0,312-0,231)^2+(0,305-0,231)^2}{14} + \frac{(0,329-0,231)^2+(0,290-0,231)^2+(0,297-0,231)^2}{14}} = \sqrt{\frac{0,014868}{14}} =$$

$= 0,03909$ (м/с²)

6.3.2. Для таблицы 4.2.

Скорость груза

$$S_v = \sqrt{\frac{(0,445-0,380)^2+(0,444-0,380)^2+(0,451-0,380)^2+(0,415-0,380)^2}{14} + \frac{(0,417-0,380)^2+(0,381-0,380)^2+(0,374-0,380)^2+(0,379-0,380)^2}{14} + \frac{(0,370-0,380)^2+(0,343-0,380)^2+(0,347-0,380)^2+(0,310-0,380)^2}{14} + \frac{(0,313-0,380)^2+(0,309-0,380)^2}{14}} = \sqrt{\frac{0,036247}{14}} = 0,04956$$

$\approx 0,05$ м/с

Ускорение груза.

$$S_a = \sqrt{\frac{(0,235-0,181)^2+(0,234-0,181)^2+(0,238-0,181)^2+(0,207-0,181)^2}{14} +}$$

$$+\frac{(0,209-0,181)^2+(0,208-181)^2+(0,180-1,81)^2+(0,177-0,181)^2}{14}+$$

$$+\frac{(0,179-1,181)^2+(0,154-0,181)^2+(0,152-0,181)^2+(0,154-0,181)^2}{14}+$$

$$+\frac{(0,129-0,181)^2+(0,130-0,181)^2+(0,129-0,181)^2}{14}=$$

$$=\sqrt{\frac{0,021492}{14}} = 0,0992 \approx 0,09 \,(м/с^2)$$

6.4 Среднее квадратичное отклонение.

$$S_{v_{ср.}} = \sqrt{\frac{(v_1-v_{ср})^2+(v_2-v_{ср})^2+\ldots+(v_N-v_{ср})^2}{(N-1)\cdot N}} = \frac{S_v}{\sqrt{N}}$$

$$S_{a_{ср}} = \sqrt{\frac{(a_1-a_{ср})^2+(a_2-a_{ср})^2+\ldots+(a_N-a_{ср})^2}{(N-1)N}} = \frac{S_a}{\sqrt{N}}$$

6.4.1. Для таблицы 4.1

$$S_{v_{ср}} = \frac{S_v}{\sqrt{N}} = \frac{0,015}{\sqrt{15}} = 0,004 \,(м/с)$$

$$S_{a_{ср}} = \frac{S_a}{\sqrt{N}} = \frac{0,039}{\sqrt{15}} = 0,010 \,(м/с^2)$$

Для таблицы 4.2

$$S_{v_{ср}} = \frac{S_v}{\sqrt{N}} = \frac{0,05}{\sqrt{15}} = 0,013 \,(м/с)$$

$$S_{a_{ср}} = \frac{S_a}{\sqrt{N}} = \frac{0,09}{\sqrt{15}} = 0,023 \,(м/с^2)$$

В данной работе проводится измерение скорости и ускорения, проверяем неравенства: $S_{v_i} \le \Theta_v$, $S_{v_{ср}} < \Theta_v$; $S_a \le \Theta_a$, $S_{a_{ср}} < \Theta_a$

Для таблицы 4.1

$0,015 > 0,003$, т.е $S_v > \Theta_v$

$0,004 \sim 0,003$, т.е $S_{v_{ср}} \sim \Theta_v$

$0,04 > 0,012$, т.е $S_a > \Theta_a$

$0,010 < 0,012$, т.е $S_{a_{ср}} < \Theta_a$

Для таблицы 4.2

$0,05 > 0,005$, т.е $S_v > \Theta_v$

$0,013 > 0,005$, т.е $S_{v_{ср}} > \Theta_v$

$0,09 > 0,011$, т.е $S_a > \Theta_a$

$0,023 > 0,011$, т.е $S_{a_{ср}} > \Theta_a$

Данные неравенства говорят о том, что либо допущены незначительные промахи в измерениях; либо они возникли из-за влияния измерительных приборов на процесс измерения.

6.5. Полная погрешность

В случае проведения технических испытаний имеют дело со случайными по природе величинами, происходит разброс измеряемых параметров по различным причинам, тогда случайная погрешность серии измерений и систематическую погрешность связанную с несовершенством измерительных приборов объединяют в полную погрешность.

$$\Delta\bar{v} = \theta_v + k \cdot S_{\bar{v}ср.}$$, где

k – коэффициент Стьюдента, для n 10 равный 2,3

$\Delta\bar{v}$ – полная погрешность измерений

Тогда, для равномерного движения:

$$\Delta\bar{v} = \theta_{vср} + k \cdot S_{vср} = 0,003 + 2,3 \cdot 0,004 = 0,0122 \approx 0,012 \ (м/с)$$

$$\Delta\bar{a} = \theta_{aср} + k \cdot S_{aср} = 0,012 + 2,3 \cdot 0,010 = 0,035 \approx 0,04 \ (м/с^2)$$

Для равноускоренного движения:

$$\Delta\bar{v} = \theta_{vср} + k \cdot S_{vср} = 0,005 + 2,3 \cdot 0,013 = 0,03497 \approx 0,04 \ (м/с)$$

$$\Delta\bar{a} = \theta_{aср} + k \cdot S_{aср} = 0,011 + 2,3 \cdot 0,0529 = 0,0639 \approx 0,07 \ (м/с^2)$$

На графике 7.1 для равномерного движения через (крестики) удалось провести прямую, а сильное отклонения имеет лишь один, число выше и ниже прямой совпадает значит экспериментальные данные подтверждают теоретическую зависимость. А также в следствии опытов каждое измерение величины приемлемы.

На графике 7.2 для равноускоренного движения через (палочки) удалось провести прямую, сильных отклонений нет, а число выше и ниже прямой, примерно, одинаково. Экспериментальные данные подтверждают теоретическую зависимость

7. Графическое изображение результатов.

Рисунок 7.1 Зависимость равномерного движения.

Рисунок 7.2. Зависимость равноускоренного движения.

(8) Вывод:

- Ознакомилась с методикой исследования равномерного и равноускоренного движения
- Скорость грузов при равномерном движении $v = (0,334 \pm 0,012)$ м/с
- Скорость грузов при равноускоренном движении $v = (0,38 \pm 0,04)$ м/с с вероятностью 95%
- Ускорение грузов при равноускоренном движении $a = (0,43 \pm 0,04)$ м/с² с вероятностью P = 95%.
- Из проводимых опытов, видно, что не каждая скорость отличается от $v_{ср}$ из таблицы 4.1 4.2 от $v_{ср.2}$ меньше чем на θ_{v_1} или на θ_v или зависит от измеряемых величин. Это означает, что скорость Такие же ситуации с ускорением.
- Экспериментальные данные подтверждают теоретическую зависимость, что видно из графиков для равноускоренного и равномерного движения